

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2004 年 3 月 25 日 (25.03.2004)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2004/024754 A1

(51) 国際特許分類: C07K 5/062, A61K 9/70, 38/05,
47/14, 47/16, A61P 9/04, 9/12, 43/00

960-0280 福島県 福島市飯坂町湯野字田中 1 番地 トー
アエイヨー株式会社 製剤技術センター内 Fukushima
(JP).

(21) 国際出願番号: PCT/JP2003/011420

(22) 国際出願日: 2003 年 9 月 8 日 (08.09.2003)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願2002-265276 2002 年 9 月 11 日 (11.09.2002) JP

(74) 代理人: 特許業務法人アルガ特許事務所 (THE
PATENT CORPORATE BODY ARUGA PATENT
OFFICE); 〒103-0013 東京都中央区日本橋人形町 1
丁目3番6号共同ビル Tokyo (JP).

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): トーアエ
イヨー株式会社 (TOAEIYO LTD.) [JP/JP]; 〒104-0031
東京都中央区京橋 3 丁目 1 番 2 号 Tokyo (JP).

(81) 指定国 (国内): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB,
BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK,
DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR,
HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR,
LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ,
NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE,
SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US,
UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 古石 誉之 (FU-
RUSHI, Takayuki) [JP/JP]; 〒960-0280 福島県 福島市
飯坂町湯野字田中 1 番地 トーアエイヨー株式会
社 製剤技術センター内 Fukushima (JP). 南 邦 弘 (MI-
NAMI, Kunihiro) [JP/JP]; 〒960-0280 福島県 福島市飯
坂町湯野字田中 1 番地 トーアエイヨー株式会
社 製剤技術センター内 Fukushima (JP). 箕輪 貴志 (MI-
NOWA, Takayuki) [JP/JP]; 〒104-0031 東京都中央区京
橋 3 丁目 1 番 2 号 トーアエイヨー株式会社内 Tokyo
(JP). 小峰 美穂 (KOMINE, Miho) [JP/JP]; 〒346-0014 埼
玉県 久喜市吉羽 5 丁目 9-2 パークハウス A-203
Saitama (JP). 木村 邦彦 (KIMURA, Kunihiro) [JP/JP]; 〒

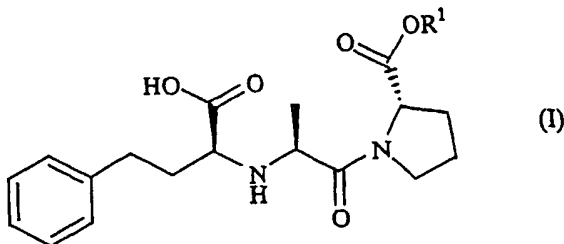
(84) 指定国 (広域): ARIPO 特許 (GH, GM, KE, LS, MW, MZ,
SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア特許 (AM,
AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ特許
(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB,
GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR),
OAPI 特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW,
ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:
— 国際調査報告書

2 文字コード及び他の略語については、定期発行される
各 PCT ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語
のガイダンスノート」を参照。

(54) Title: PROLINE ESTER AND PREPARATION CONTAINING THE SAME FOR PERCUTANEOUS ADMINISTRATION

(54) 発明の名称: プロリンエステル類及びそれを含有する経皮投与製剤



(57) Abstract: A proline ester represented by the general formula (I): (I) (wherein R¹ represents lower hydroxyalkyl, lower alkyl substituted by lower alkoxy, or lower alkyl substituted by lower alkoxy substituted by lower alkoxy) or a pharmaceutically acceptable salt of the ester. The proline ester (I) and pharmaceutically acceptable salt thereof are useful as a prodrug for enalaprilate, which is a medicine useful in the prevention of and treatments for, e.g., circulatory diseases such as hypertension, cardiac diseases (cardiac hypertrophy, cardiac failure, myocardial infarct, etc.), nephritis, and apoplexy. A

medicine containing either of these is suitable for use as a preparation for percutaneous administration, especially an adhesive patch, from the standpoints of medicinal activity and use.

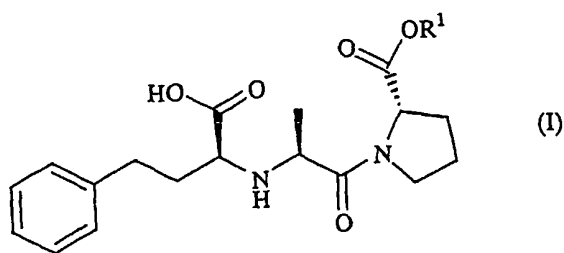
[続葉有]

WO 2004/024754 A1



(57) 要約:

一般式 (I)



(式中、 R^1 はヒドロキシ低級アルキル基、低級アルコキシ低級アルキル基又は低級アルコキシ低級アルコキシ低級アルキル基を示す) で表わされるプロリンエステル類又はその薬学的に許容しうる塩。

本発明のプロリンエステル類 (I) 及びその薬学的に許容しうる塩は、高血圧症、心臓病 (心肥大、心不全、心筋梗塞等)、腎炎および脳卒中等の循環器系疾患等予防・治療に有用な薬剤であるエナラプリラートのプロドラッグとして有用であり、それらを含有する医薬は、経皮投与製剤、特に貼付剤とするのが薬効及び使用性の点で好適である。

明 細 書

プロリンエステル類及びそれを含有する経皮投与製剤

技術分野

本発明は、高血圧、心不全の治療薬であるエナラプリラートのプロドラッグとして有用なプロリンエステル類、それを含有する医薬及びそれを含有する経皮投与製剤に関する。

背景技術

現在、高血圧症の治療薬としてカルシウム拮抗剤、アンジオテンシン変換酵素（ACE）阻害剤、アンジオテンシン受容体拮抗剤等の多くの経口投与製剤が臨床で使用されている。しかし、高血圧症の患者の中には、経口投与に支障がある嚥下が困難な患者、消化管障害を有する患者等も多いことから、経口投与以外の投与経路による血圧降下剤の開発が望まれている。経皮投与製剤は薬物を皮膚から吸収させるために、経口投与に支障がある患者に対しての治療方法としては適しているが、一般に血圧降下剤は経皮吸収性が悪い等の理由から、経皮投与製剤として臨床適用には至っていない。

一方、エナラプリルはACE阻害作用を有する血圧降下剤として、経口剤が臨床で広く使用されている。エナラプリルは、その代謝活性体であるエナラプリラートの二つのカルボキシル基のうち、分子中央付近に位置するカルボキシル基がエチルエステル化されたプロドラッグであり、経口投与した場合、消化管から吸収された後、肝臓を通過する際に代謝によりエナラプリレートに変換されてACE阻害剤としての治療効果を発現する。

エナラプリル及びエナラプリレートは、経皮吸収はするものの製剤中における有効成分の物理化学的安定性が極めて悪いため、経皮投与製剤化は不可能であっ

た。この原因として、エナラプリル及びエナラプリラートのいずれも、プロリン環部分のカルボキシル基とアラニンの二級アミンとが縮合し、分子内で環化することが明らかとなっている (Analytical Profiles of Drug Substances, USA Academic press, Inc., 1987, Vol.16, p.207-244, Drug Development And Industrial Pharmacy, USA, Marcel Dekker, Inc., 1986, Vol.12, 14, p.2467-2480)。また、エナラプリルは経皮吸収されても、皮膚中でエナラプリレートに変換されないが、さらに血漿中でもエナラプリレートに変換されないことが知られている (Drug Metabolism And Disposition, USA, The American Society for Pharmacology and Experimental Therapeutics, 1982, Vol.10, 1, p.15-19)。このため、経皮吸収後の体循環によって肝臓での代謝活性化を待たねばならないことから、ACE阻害作用の発現には長時間を要する、治療効果のバラツキを生じやすい等の問題もあった。

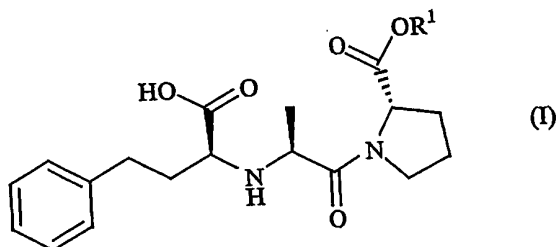
さらに、エナラプリラートを化学的に修飾し、もとの薬効を保持したまま経皮吸収に適した物理的性質を有する薬剤に変換しようとする、いわゆるプロドラッグ化も検討されている。例えば、エナラプリルの分子中央部のカルボキシル基に加えて、プロリン環部分のカルボキシル基もエチルエステル化したプロドラッグが報告されており、マレイン酸エナラプリルと比べて経皮吸収性が高められることが知られている (THE STUDY OF TRANSDERMAL ADMINISTRATION OF ACE INHIBITORS AND IMPROVED ABSORPTION OF THEIR PRODRUGS", [online], 2000年11月2日, Noven pharmaceuticals, Inc., AAPS Annual Meeting and Exposition(2000), internet<URL:http://www.noven.com/Noven Doc3.pdf>)。しかし、この化合物においては、プロリン環上のカルボキシル基のエチルエステルはヒトの皮膚内のエステラーゼ酵素により50%以上加水分解されるものの、もう一方のエチルエステルは加水分解されないため、エナラプリルと同様に肝臓において代謝活性化が必要となる問題があった。

発明の開示

したがって、本発明の目的は、エナラプリラートを経皮吸収により臨床で治療に用いるために、経皮吸収性及び物理化学的安定性に優れ、かつ経皮吸収される過程で容易にエナラプリラートに変換されるエナラプリラートのプロドラッグ、それを含有する医薬及びそれを含有する経皮投与製剤を提供することにある。

かかる実情において、本発明者らは、エナラプリラートのプロドラッグとなる可能性のある化合物を数多く合成し検討した結果、エナラプリラートのプロリン環上のカルボキシル基をアルキル基でエステル化したものは経皮吸収性は改善されないが、特定の置換基を有する低級アルキル基でエステル化した化合物が、物理化学的安定性に優れ、皮膚透過性が高く、皮膚透過時に高い割合でエナラプリラートに変換されプロドラッグとして有用であることを見出し、本発明を完成した。

すなわち、本発明は、一般式 (I)



(式中、R¹はヒドロキシ低級アルキル基、低級アルコキシ低級アルキル基又は低級アルコキシ低級アルコキシ低級アルキル基を示す) で表されるプロリンエステル類又はその薬学的に許容しうる塩及びこれを含有する医薬、特に経皮投与製剤を提供するものである。

また本発明は上記一般式 (I) で表わされるプロリンエステル類又はその薬学的に許容しうる塩の医薬製造のための使用を提供するものである。

さらに本発明は、上記一般式 (I) で表わされるプロリンエステル類又はその薬学的に許容しうる塩を投与することを特徴とするACEが賦活化することにより影響されるか又は引き起こされる疾患の処置方法を提供するものである。

本発明のプロリンエステル類 (I) 及びその薬学的に許容しうる塩は、高血圧症、心臓病（心肥大、心不全、心筋梗塞等）、腎炎および脳卒中等の循環器系疾患等予防・治療に有用な薬剤であるエナラプリラートのプロドラッグとして有用であり、それらを含む医薬は、経皮投与製剤、特に貼付剤とするのが薬効及び使用性の点で好適である。

発明を実施するための最良の形態

一般式 (I) の式中の R^1 及び後述の一般式 (II) 中の R^2 としての各置換基の用語のうち、「低級アルキル」とは炭素数 1～6 の直鎖状又は分岐状のアルキル基をいい、「低級アルコキシ」とは炭素数 1～4 の直鎖状又は分岐状のアルコキシ基をいう。

R^1 で示されるヒドロキシ低級アルキル基としては、ヒドロキシ C_{1-6} アルキル基、例えばヒドロキシメチル基、ヒドロキシエチル基、ヒドロキシプロピル基、ヒドロキシブチル基、ヒドロキシペンチル基、ヒドロキシヘキシル基等が挙げられ、なかでも 2-ヒドロキシエチル基、3-ヒドロキシプロピル基、4-ヒドロキシブチル基が好ましい。

R^1 で示される低級アルコキシ低級アルキル基としては、 C_{1-4} アルコキシ- C_{1-6} アルキル基、例えばメトキシエチル基、エトキシエチル基、プロポキシエチル基、イソプロポキシエチル基、ブトキシエチル基、イソブトキシエチル基、sec-ブトキシエチル基、tert-ブトキシエチル基、メトキシプロピル基等が挙げられ、なかでもメトキシエチル基が好ましい。

R^1 で示される低級アルコキシ低級アルコキシ低級アルキル基としては、 C_{1-4} アルコキシ- C_{1-4} アルコキシ- C_{1-6} アルキル基、例えばメトキシメトキシエチル基、メトキシエトキシエチル基、メトキシメトキシブチル基等が挙げられ、なかでもメトキシエトキシエチル基が好ましい。

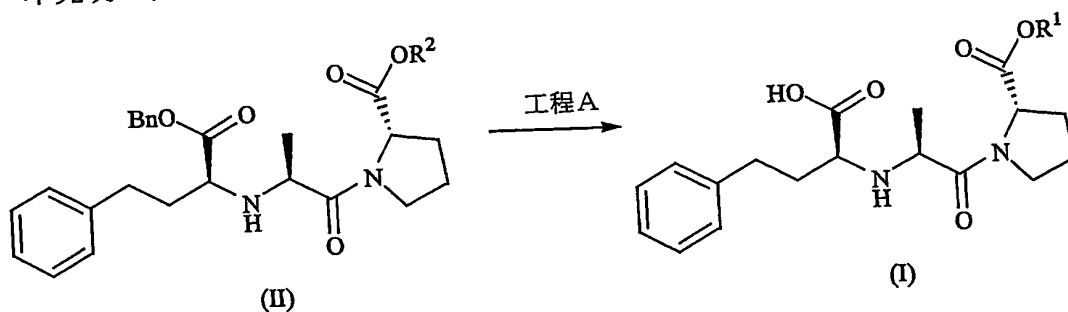
本発明化合物 (I) には、水和物、各種溶媒和物が含まれ、さらに結晶形がす

べて包含される。

本発明化合物 (I) の薬学的に許容しうる塩としては、例えば、塩酸塩、臭化水素酸塩、ヨウ化水素酸塩、硝酸塩、硫酸塩、リン酸塩等の無機酸との塩；酢酸塩、プロピオン酸塩、トリフルオロ酢酸塩、シュウ酸塩、フマル酸塩、マレイン酸塩、酒石酸塩、クエン酸塩、コハク酸塩、リンゴ酸塩、メタンスルホン酸塩、ベンゼンスルホン酸塩、p-トルエンスルホン酸塩等の有機酸との塩；リチウム塩、ナトリウム塩、カリウム塩等のアルカリ金属との塩、カルシウム塩、マグネシウム塩等のアルカリ土類金属との塩等が挙げられる。

本発明の化合物 (I) としては、1-[N-[(1S) -1-カルボキシ-3-フェニルプロピル]-L-アラニル]-L-プロリン 2-ヒドロキシエチルエステル、1-[N-[(1S) -1-カルボキシ-3-フェニルプロピル]-L-アラニル]-L-プロリン 3-ヒドロキシプロピルエステル、1-[N-[(1S) -1-カルボキシ-3-フェニルプロピル]-L-アラニル]-L-プロリン 4-ヒドロキシブチルエステル、1-[N-[(1S) -1-カルボキシ-3-フェニルプロピル]-L-アラニル]-L-プロリン 2-(2-メトキシエトキシ)エチルエステル、1-[N-[(1S) -1-カルボキシ-3-フェニルプロピル]-L-アラニル]-L-プロリン 2-メトキシエチルエステルが好ましい。

本発明の化合物 (I) は、例えば、次に示す反応式に従って製造される。

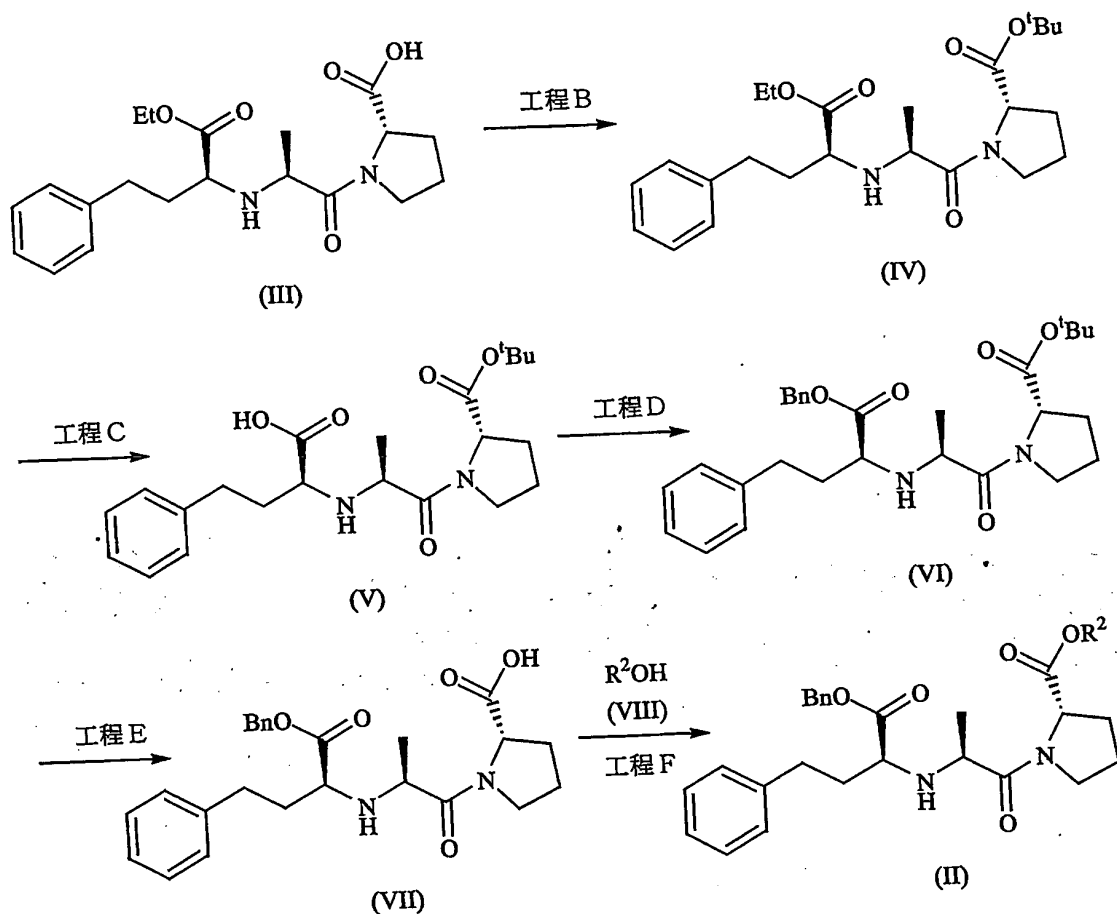


(式中、R²はベンジロキシ低級アルキル基、低級アルコキシ低級アルキル基又は低級アルコキシ低級アルコキシ低級アルキル基を示し、Bnはベンジル基を示し、R¹は前記と同じ。)

すなわち、化合物 (II) を接触還元してベンジル基を脱保護することにより、本発明化合物 (I) を製造することができる (工程 A)。

反応は、メタノール、エタノール、エーテル、テトラヒドロフラン、ジオキサソラン、N, N-ジメチルホルムアミド等又はこれらの混合溶媒中、パラジウム炭素、パラジウム黒、トリス (トリフェニルホスフィン) ロジウムクロリド、酸化白金等の金属触媒存在下、0℃から溶媒の沸点までの温度範囲で、常圧又は中圧水素圧下接触還元に行うことにより行われる。この反応によりベンジルエステル又はベンジルーエーテルの脱保護を行うことができる。

本発明化合物 (I) の製造中間体である化合物 (II) は、例えば、次の反応式に従い、エナラプリル (III) をtert-ブチルエステル化して化合物 (IV) を得 (工程 B)、当該化合物 (IV) のエチルエステルを選択的に加水分解して化合物 (V) を得 (工程 C)、当該化合物 (V) をベンジルエステル化して化合物 (VI) を得 (工程 D)、さらに当該化合物 (VI) のtert-ブチルエステルを加水分解し (工程 E)、次いでこれにR²OH (VIII) を反応させることにより得ることができる。

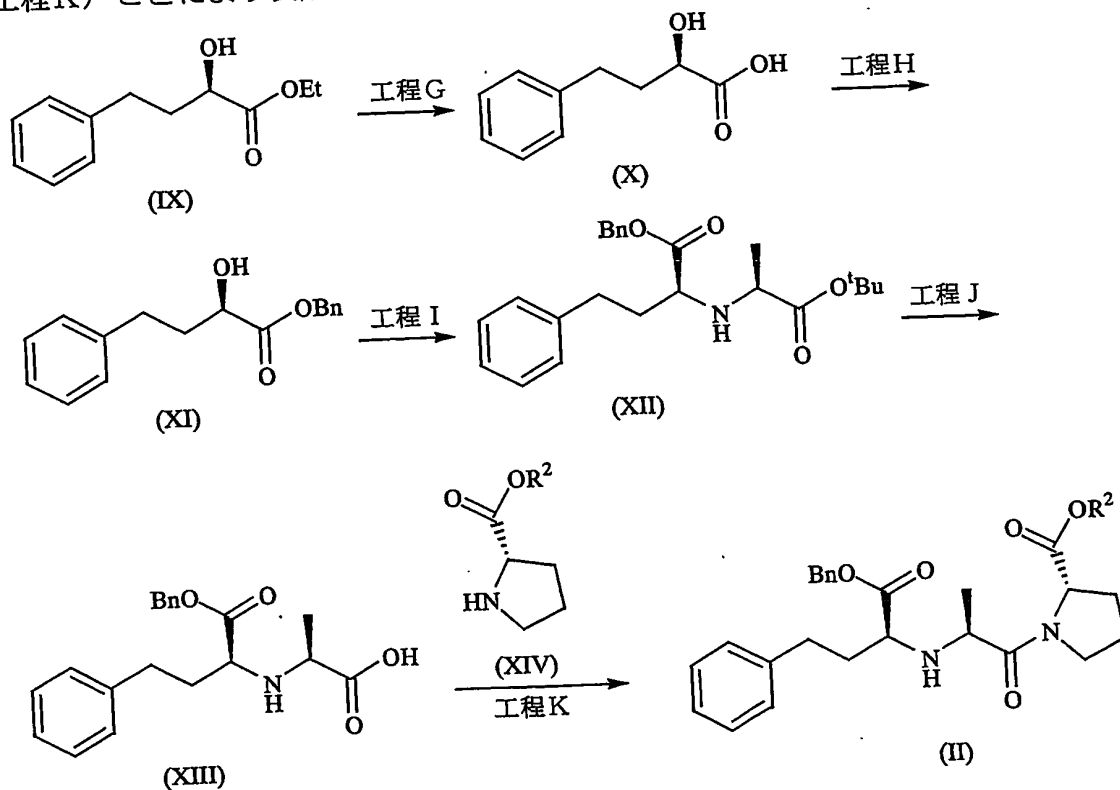


(式中、 R^2 及びBnは前記と同じ。)

工程Bは、エーテル、テトラヒドロフラン、ジオキサン、ジクロロメタン、クロロホルム等又はこれらの混合溶媒中、濃硫酸又は三フッ化ホウ素エーテル錯体等の酸触媒存在下、 -78°C から室温の温度範囲で、エナラプリル (III) をイソブテンと反応させることにより行われる。工程Cは、化合物 (IV) を、水酸化ナトリウム水溶液、水酸化カリウム水溶液等のアルカリ水溶液にてエステル加水分解することにより行われる。工程Dは、エーテル、テトラヒドロフラン、ジオキサン、N, N-ジメチルホルムアミド、ジメチルスルホキシド、ジクロロメタン、クロロホルム等又はこれらの混合溶媒中、ナトリウムアミド、リチウムアミド、水素化ナトリウム、炭酸カリウム、カリウム tert-ブトキシド等の塩基存在下、 0°C から溶媒の沸点までの温度範囲で、化合物 (V) とベンジルハライドを反応させることにより行われる。工程Eは、エーテル、テトラヒドロフラン、

ジオキサン、ジクロロメタン、クロロホルム等又はこれらの混合溶媒中、酢酸、酢酸、トリフルオロ酢酸、塩酸、塩化水素—ジオキサン溶液等の酸存在下、0℃から溶媒の沸点までの温度範囲で、化合物(VI)のtert-ブチルエステルの脱保護を行うことにより行われる。工程Fは、ベンゼン、トルエン、キシレン等又はこれらの混合溶媒中、p-トルエンスルホン酸等の酸触媒存在下、溶媒の沸点温度で、化合物(VII)とアルコール(VIII)を反応させることにより行われる。

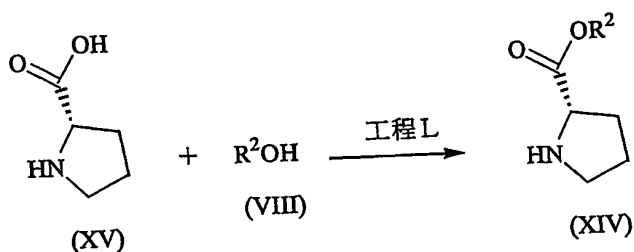
また、化合物(II)は、次の反応式に従い、化合物(IX)を加水分解して化合物(X)を得(工程G)、ベンジルエステル化して化合物(XI)とし(工程H)、当該化合物(XI)をさらに、L-アラニン tert-ブチルエステルと反応して化合物(XII)とし(工程I)、当該化合物(XII)のtert-ブチルエステルを選択的に加水分解し(工程J)、次いでこれに化合物(XIV)を縮合させる(工程K)ことにより製造することができる。



(式中、R²及びBnは前記と同じ。)

工程Gは、化合物(IX)を水酸化ナトリウム水溶液、水酸化カリウム水溶液等のアルカリ水溶液にてエステル加水分解することにより行われる。工程Hは、エーテル、テトラヒドロフラン、ジオキサン、N, N-ジメチルホルムアミド、ジメチルスルホキシド、ジクロロメタン、クロロホルム等又はこれらの混合溶媒中、ナトリウムアミド、リチウムアミド、水素化ナトリウム、炭酸カリウム、炭酸水素カリウム、カリウム *tert*-ブトキシド等の塩基存在下、0℃から溶媒の沸点までの温度範囲で、化合物(X)とベンジルハライドを反応させることにより行われる。工程Iは、化合物(XI)を、ジクロロメタン、クロロホルム等の溶媒中、2, 6-ルチジン存在下、トリフルオロメタンスルホン酸無水物と反応させることによりトリフルオロメタンスルホン酸エステルとした後、L-アラニン *tert*-ブチルエステル塩酸塩と反応させることにより行われる。工程Jは、エーテル、テトラヒドロフラン、ジオキサン、ジクロロメタン、クロロホルム等又はこれらの混合溶媒中、ギ酸、酢酸、トリフルオロ酢酸、塩酸、塩化水素ジオキサン溶液等の酸存在下、0℃から溶媒の沸点までの温度範囲で、化合物(XII)の *tert*-ブチルエステルを脱保護することにより行われる。工程Kは、エーテル、テトラヒドロフラン、ジオキサン、N, N-ジメチルホルムアミド、ジクロロメタン、クロロホルム、ベンゼン、トルエン等又はこれらの混合溶媒中、0℃から溶媒の沸点までの温度範囲で、必要によりトリエチルアミン、エチルジイソプロピルアミン、1, 8-ジアザビシクロ[5. 4. 0]ウンデック-7-エン等の塩基存在下、1-ヒドロキシー-1H-ベンゾトリアゾール、N-ヒドロキシコハク酸イミド、N, N'-ジシクロヘキシルカルボジイミド、1-エチル-3-(3-ジメチルアミノプロピルカルボジイミド)等の縮合剤を用いて化合物(XIII)と化合物(XIV)とを縮合させることにより行われる。

なお、化合物(XIV)はベンゼン、トルエン、キシレン等又はこれらの混合溶媒中、p-トルエンスルホン酸等の酸触媒存在下、溶媒の沸点温度で、プロリン(XV)とアルコール(VIII)を反応させることにより得ることができる(工程L)。



(式中、R²は前記と同じ。)

このようにして得られた本発明化合物 (I) は、再結晶、カラムクロマトグラフィー等の慣用的手段により単離精製することができる。

また、本発明化合物 (I) は、常法により薬学的に許容しうる酸又は塩基との塩に導くことができる。

本発明化合物 (I) 及びその薬学的に許容しうる塩は、経皮投与されることにより、エナラプリラートに変換されるため、優れたACE阻害活性を有する。このため、ACEの賦活化によって影響される又は引き起こされる疾患等、例えば、高血圧症、心臓病（心肥大、心不全、心筋梗塞等）、腎炎及び脳卒中等の循環器系疾患等の予防・治療に使用することができる。本発明化合物 (I) の成人1日当たりの投与量は、患者の症状や体重、年齢、化合物の種類によって変動し得るが、約1～1000mgとするのが好ましい。

本発明の経皮投与製剤には、さらに経皮吸収性をよくするために経皮吸収促進剤を配合するのが好ましい。経皮吸収促進剤としては、例えば、脂肪酸エステル及び非イオン性界面活性剤の群から選ばれる1又は2種以上を用いることができる。

脂肪酸エステルとしては、例えば炭素数6～22までの脂肪酸類と炭素数1～20のアルコール類からなる脂肪酸エステルが挙げられる。炭素数6～22までの脂肪酸類としては、例えばカプロン酸、エナント酸、カプリル酸、カプリン酸、ウンデシレン酸、ラウリン酸、ミリスチン酸、パルミチン酸、マルガリン酸、ステアリン酸、オレイン酸、リノール酸等のモノカルボン酸やアジピン酸、セバシン酸等のジカルボン酸等が挙げられる。炭素数1～20までのアルコール類とし

では、例えばメタノール、エタノール、プロパノール、イソプロパノール、ブタノール、tert-ブタノール、ヘキサノール、オクタノール、1-オクチルドデカノール等が挙げられる。従って、脂肪酸エステルとしては、例えばアジピン酸ジイソプロピル、セバシン酸ジエチル、ミリスチン酸イソプロピル、パルミチン酸イソプロピル、ステアリン酸イソプロピル、ステアリン酸ブチル、ミリスチン酸オクチルドデシル、ミリスチン酸ブチル、ラウリン酸ヘキシル、パルチミン酸オクチル、オレイン酸エチル等が挙げられる。なかでも、ミリスチン酸イソプロピル、パルミチン酸イソプロピル、セバシン酸ジエチル等が好ましく、特にミリスチン酸イソプロピルが好ましい。

非イオン界面活性剤としては、例えば、ポリオキシエチレンアルキルエーテル、ポリオキシエチレンアルキルアリールエーテル、脂肪酸アミド、グリセリン脂肪酸エステル、プロピレングリコール脂肪酸エステル、ソルビタン脂肪酸エステル、ポリオキシエチレンソルビタン脂肪酸エステル、ポリオキシエチレン脂肪酸エステル、ポリオキシエチレングリセリン脂肪酸エステル、ポリオキシエチレンヒマシ油誘導体、ブロックポリマー型非イオン界面活性剤、ポリグリセリン脂肪酸エステル等が挙げられるが、なかでも、ポリオキシエチレンアルキルエーテル、脂肪酸アミド、グリセリン脂肪酸エステル、ソルビタン脂肪酸エステル、ポリオキシエチレンソルビタン脂肪酸エステルが好ましい。

ポリオキシエチレンアルキルエーテルとしては、ポリオキシエチレンセチルエーテル、ポリオキシエチレンオレイルエーテル、ポリオキシエチレンラウリルエーテル等が挙げられるが、特にポリオキシエチレンラウリルエーテル（ラウロマクロゴール）が好ましい。

脂肪酸アミドとしては、ラウリン酸モノエタノールアミド、ラウリン酸ジエタノールアミド、オレイン酸ジエタノールアミド等が挙げられるが、特にラウリン酸ジエタノールアミドが好ましい。

グリセリン脂肪酸エステルとしては、モノカプリル酸グリセリン、モノラウリ

ン酸グリセリン、モノパルミチン酸グリセリン、モノオレイン酸グリセリン、モノステアリン酸グリセリン等が挙げられるが、特にモノカプリル酸グリセリンとモノラウリン酸グリセリンが好ましい。

ソルピタン脂肪酸エステルとしては、モノカプリル酸ソルピタン、モノラウリン酸ソルピタン、モノパルミチン酸ソルピタン、モノオレイン酸ソルピタン、モノステアリン酸ソルピタン等が挙げられるが、特にモノカプリル酸ソルピタンが好ましい。

ポリオキシエチレンソルピタン脂肪酸エステルとしては、モノオレイン酸ポリオキシエチレンソルピタン、トリオレイン酸ポリオキシエチレンソルピタン、モノパルミチン酸ポリオキシエチレンソルピタン等が挙げられるが、特にモノオレイン酸ポリオキシエチレンソルピタンが好ましい。

経皮吸収促進剤としては、ミリスチン酸イソプロピル、ラウロマクロゴール、ラウリン酸ジエタノールアミド、モノカプリル酸グリセリン、モノラウリン酸グリセリン、モノカプリル酸ソルピタン及びモノオレイン酸ポリオキシエチレンソルピタンからなる群から選ばれるものが好ましい。

本発明の経皮投与製剤の剤型は、特に限定されないが、軟膏剤、クリーム剤、貼付剤、ローション剤等が挙げられ、患者の使用性の面から貼付剤が好ましい。

貼付剤の形態としては、公知の粘着剤と支持体とからなるものが挙げられ、本発明化合物（I）又はその塩及び経皮吸収促進剤等の添加剤を含有させた粘着剤層を支持体の一面に形成させた後、所定の大きさに裁断することによって得られる。また、支持体と接触していない側は、剥離シートのような保護体によって、あるいは自体をロール状にすることによって保護されていてもよい。

粘着剤としては、例えば常温で感圧性を有するアクリル系粘着剤、ゴム系粘着剤、シリコン系粘着剤等が用いられる。

アクリル系粘着剤として、例えば（メタ）アクリル酸アルキルエステル（ここで、（メタ）アクリル酸は、メタアクリル酸又はアクリル酸を意味する）を主成

分とした単独重合物又は他の共重合性モノマーとの共重合体等が好ましい。(メタ)アクリル酸アルキルエステル単量体としては、例えば(メタ)アクリル酸-2-エチルヘキシルエステル、(メタ)アクリル酸エチルエステル、(メタ)アクリル酸ブチルエステル、(メタ)アクリル酸イソブチルエステル、(メタ)アクリル酸ヘキシルエステル、(メタ)アクリル酸オクチルエステル、(メタ)アクリル酸デシルエステル、(メタ)アクリル酸イソデシルエステル、(メタ)アクリル酸ラウリルエステル、(メタ)アクリル酸ステアリルエステル等が挙げられる。共重合性モノマーとしては、例えばアクリル酸、メタアクリル酸、マレイン酸、フマル酸、2-ヒドロキシエチル(メタ)アクリレート、ヒドロキシプロピル(メタ)アクリレート、アクリルアミド、ジメチルアクリルアミド、ジエチルアクリルアミド、ブトキシメチルアクリルアミド、エトキシメチルアクリルアミド、N-ビニル-2-ピロリドン、酢酸ビニル、プロピオン酸ビニル、スチレン、 α -メチルスチレン、塩化ビニル、アクリロニトリル、エチレン、プロピレン、ブタジエン等が挙げられる。

ゴム系粘着剤としては特に限定されず、例えばスチレン-ブタジエン共重合体、スチレン-イソプレン共重合体、スチレン-イソプレン-スチレンブロック共重合体、天然ゴム、合成イソプレンゴム、ポリイソブチレン、ポリビニルエーテル、ポリウレタン、ポリイソプレン、ポリブタジエン等が挙げられる。

シリコン系粘着剤としては特に限定されず、例えばポリオルガノシロキサン等のシリコンゴム等が挙げられる。

これらの粘着剤のうち、特に本発明化合物(I)との相溶性が良好であり、また貼付剤としたときの物性が良好なスチレン-イソプレン-スチレンブロック共重合体等が特に好ましい。

支持体としては薬物不透過性のものが好ましく、例えばポリエチレンテレフタレート、酢酸セルロース、エチルセルロース、ナイロン、エチレン-酢酸ビニル共重合体、ポリエチレン、ポリウレタン等の樹脂フィルムが挙げられる。支持体

には柔軟性が要求されることから、その厚さは通常 $300\mu\text{m}$ 以下、好ましくは $2\sim100\mu\text{m}$ 以下である。

剥離シートとしては、使用時に粘着層から簡単に剥離できることが必要であるため、通常、粘着層との接触面にシリコンコートが施されたポリエチレンテレフタレート、ポリ塩化ビニル、ポリ塩化ビニリデン、ポリエステル等のフィルム、又はグラシン紙等のラミネートフィルム等が用いられる。剥離シートの厚さは $1000\mu\text{m}$ 以下、好ましくは、 $30\sim150\mu\text{m}$ である。

貼付剤には治療に必要な量の本発明化合物(I)を含むが、粘着層における本発明化合物(I)又はその塩の配合量は、粘着層の乾燥総質量に対して好ましくは $0.1\sim30$ 質量%、より好ましくは $0.5\sim20$ 質量%である。なお、粘着層の厚さは、好ましくは $10\sim400\mu\text{m}$ の範囲である。

また、粘着層における経皮吸収促進剤の配合量は、粘着層の乾燥総質量に対して好ましくは $0.1\sim60$ 質量%であり、より好ましくは $1\sim40$ 質量%である。とりわけ、粘着層における脂肪酸エステル配合量は $1\sim40$ 質量%、非イオン界面活性剤の配合量は $1\sim20$ 質量%となることが好ましい。

貼付剤の粘着層を形成する方法としては特に限定されないが、溶液塗工法が好ましい。すなわち、粘着剤、薬物、必要に応じて経皮吸収促進剤、各種添加剤を配合し、有機溶媒に希釈し分散した分散液を支持体の表面にアプリケーションナーにより塗工し、乾燥させて有機溶媒を除去することによって形成される。上記分散液を剥離シート上に塗工し乾燥させた後、支持体に転写することも可能である。

本発明の経皮投与製剤が、軟膏剤、クリーム剤又はローション剤である場合、その基剤は特に限定されないが、白色ワセリン、流動パラフィン、パラフィン、スクワラン、プラスチックの炭化水素類、セタノール、ステアリルアルコール等の高級アルコール類、イソステアリン酸、オレイン酸、ラウリン酸等の高級脂肪酸類、カルボキシビニルポリマー、カルボキシメチルセルロース、メチルセルロース、ヒドロキシプロピルセルロース、ヒドロキシプロピルメチルセルロース、

ポリビニルアルコール、ポリアクリル酸、ポリアクリル酸ナトリウム、ポリビニルピロリドン、アラビアゴム、アルギン酸、アルギン酸ナトリウム、ゼラチン等の増粘剤類、グリセリン、プロピレングリコール、1, 3-ブチレングリコール等の多価アルコール類等が挙げられる。

本発明の経皮投与製剤には上記成分以外に抗酸化剤、充填剤、薬物溶解補助剤、抗菌剤、皮膚刺激低減化剤等の添加剤も必要に応じて配合することができる。抗酸化剤としては、ビタミンE、ビタミンC等が挙げられる。充填剤としては、カオリン、ベントナイト、二酸化チタン等が挙げられる。薬物溶解補助剤としては、 α -シクロデキストリン、 β -シクロデキストリン、 γ -シクロデキストリン、ヒドロキシプロピル化- β -シクロデキストリン、スルホブチルエーテル化- β -シクロデキストリン等が挙げられる。抗菌剤としては、塩化ベンザルコニウム、安息香酸、メチルパラヒドロキシベンゾエート等が挙げられる。皮膚刺激低減化剤としては無水ケイ酸等が挙げられる。さらに、他の吸収調整剤を添加することもできる。他の吸収調整剤としては、ポリプレニルアザシクロアルカン類（例えば、1-ドデシルアザシクロヘプタン-2-オン等）、油脂類（例えば、オリーブ油、ヒマシ油、ホホバ油、トウモロコシ胚芽油、ヒマワリ油、ヤシ油、スクワラン、スクワレン、オレンジオイル、ミネラルオイル等）等が挙げられる。

実施例

以下に参考例及び実施例及び製剤例を挙げて本発明を更に詳細に説明するが、本発明はこれらに限定されるものではない。

参考例1 1-[N-[(1S)-1-エトキシカルボニル-3-フェニルプロピル]-L-アラニル]-L-プロリン tert-ブチルエステル（化合物（IV））

マレイン酸エナラプリル5.0gを水40mLに懸濁した後、飽和炭酸水素ナトリウム水溶液60mLを加え完全に溶解した。水溶液を10w/v%塩酸にてpH

4～5とした後、クロロホルムにて抽出し、有機層を無水硫酸ナトリウムにて乾燥した。減圧下溶媒を留去し、得られた残査をジオキサンに溶解した後、濃硫酸 1.0 mL 及びイソブテン 3.0 mL を加え、封管反応装置に移した後密閉し、室温にて 2 日間攪拌した。反応液を飽和炭酸水素ナトリウム水溶液にて中和した後、エーテルにて抽出し、有機層を水及び飽和食塩水にて洗浄後、無水硫酸ナトリウムにて乾燥した。減圧下溶媒を留去して得られた残渣をシリカゲルカラムクロマトグラフィー（ヘキサン：酢酸エチル＝1：1）にて精製し、無色油状物質として標題化合物 2, 7.4 g を得た。

$^1\text{H-NMR}$ (CDCl_3) δ : 1.21-1.38 (6H, m), 1.45 (9H, s), 1.87-2.25 (7H, m), 2.59-2.80 (2H, m), 3.24 (1H, t, $J=6.6\text{Hz}$), 3.43-3.60 (2H, m), 4.18 (2H, q, $J=7.2\text{Hz}$), 4.41-4.46 (1H, m), 7.14-7.30 (5H, m).

IR (neat) ν_{max} : 2977, 2932, 2875, 1737, 1650, 1453, 1422, 1367, 1154, 1094, 1031, 750, 701 cm^{-1} .

MS m/z (ESI $^+$): 433 ($M+H$) $^+$.

参考例 2 1- [N-[(1S)-1-カルボキシ-3-フェニルプロピル]-L-アラニル]-L-プロリン tert-ブチルエステル (化合物 (V))

化合物 (IV) 2.0 g をメタノール 15 mL に溶解した後、0℃にて 1 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液 15 mL を加え、室温にて 3 時間攪拌した。反応液を 10% 塩酸にて中和してメタノールを留去した後、クロロホルムにて抽出し、有機層を無水硫酸ナトリウムにて乾燥した。減圧下溶媒を留去し、無色アモルファスとして標題化合物 1.87 g を得た。

$^1\text{H-NMR}$ (CDCl_3) δ : 1.42 (9H, s), 1.47 (3H, d, $J=6.8\text{Hz}$), 1.87-2.01 (3H, m), 2.10-2.25 (3H, m), 2.76-2.83 (2H, m), 3.33-3.61 (3H, m), 4.04-4.15 (1H, m), 4.36-4.41 (1H, m), 7.10-7.23 (5H, m).

IR (KBr) ν_{max} : 3435, 2981, 1735, 1654, 1450, 1368, 1226, 1152, 1095, 1042, 849, 750, 701 cm^{-1} .

MS m/z (ESI⁺): 405 (M+H)⁺.

$[\alpha]_D = -44.2^\circ$ (CHCl₃, c:1.07).

参考例 3 1-[N-[(1S)-1-ベンジルオキシカルボニル-3-フェニル
プロピル]-L-アラニル]-L-プロリン tert-ブチルエステル (化合物
(VI))

化合物 (V) 1.47 g を N, N-ジメチルホルムアミド 7.0 mL に溶解し、
臭化ベンジル 684 mg 及び炭酸カリウム 502 mg を加えた後、室温にて 1 時間攪拌
した。反応液に水 70 mL を加え酢酸エチルにて抽出した後、有機層を水及び飽和
食塩水にて洗浄後、無水硫酸ナトリウムにて乾燥した。減圧下溶媒を留去して得
られた残渣をシリカゲルカラムクロマトグラフィー (ヘキサン: 酢酸エチル = 1
: 1) にて精製し、無色油状物質として標題化合物 1.65 g を得た。

¹H-NMR (CDCl₃) δ : 1.25 (3H, d, J=6.8 Hz), 1.43 (9H, s), 1.75-2.25 (7H, m), 3.20-3.52 (4H, m), 4.38 (1H, dd, J=3.6, 8.3 Hz), 5.13 (1H, d, J=12.1 Hz), 5.18 (1H, d, J=12.1 Hz), 7.05-7.47 (10H, m).

IR (neat) ν_{\max} : 2976, 1736, 1648, 1496, 1454, 1423, 1367, 1154, 750, 700 cm⁻¹.

$[\alpha]_D = -86.4^\circ$ (CHCl₃, c:1.39).

参考例 4 1-[N-[(1S)-1-ベンジルオキシカルボニル-3-フェニル
プロピル]-L-アラニル]-L-プロリン (化合物 (VII))

化合物 (VI) 1.50 g をジクロロメタン 6.0 mL に溶解し、0℃にてトリフ
ルオロ酢酸 6.0 mL を滴下した後、室温にて 2 時間攪拌した。減圧下溶媒を留去
後、反応液を飽和炭酸水素ナトリウム水溶液にてアルカリ性とした後、10 w/
v % 塩酸にて pH 4~5 とし、クロロホルムにて抽出した。有機層を無水硫酸ナ
トリウムにて乾燥した後、減圧下溶媒を留去して得られた残渣をシリカゲルカ
ラムクロマトグラフィー (クロロホルム: メタノール = 50:1) にて精製し、無
色アモルファスとして標題化合物 1.09 g を得た。

¹H-NMR (CDCl₃) δ : 1.23 (3H, d, J=6.8 Hz), 1.77-2.33 (6H, m), 2.55-2.78 (2H, m), 3.21-

3.45 (3H, m), 3.50 (1H, q, $J=6.8\text{Hz}$), 4.40–4.50 (1H, m), 5.11 (1H, d, $J=12.1\text{Hz}$), 5.17 (1H, d, $J=12.1\text{Hz}$), 7.06–7.46 (10H, m).

IR (KBr) ν_{max} : 3448, 3030, 2954, 2879, 1736, 1638, 1497, 1454, 1382, 1191, 749, 698 cm^{-1} .

$[\alpha]_D = -86.4^\circ$ (CHCl_3 , $c:1.14$).

参考例 5 1-[N-[(1S)-1-ベンジルオキシカルボニル-3-フェニルプロピル]-L-アラニル]-L-プロリン 2-ベンジルオキシエチルエステル (化合物 (IIa))

化合物 (VII) 1.06 g をベンゼン 5.0 mL に溶解し、2-ベンジルオキシエタノール 1.85 g 及び p-トルエンスルホン酸一水和物 555 mg を加えた後、加熱還流下、生成する水を共沸により取り除きつつ 3 時間攪拌した。溶媒を留去した後、酢酸エチルを加え、飽和炭酸水素ナトリウム水溶液、水及び飽和食塩水にて洗浄後、無水硫酸ナトリウムにて乾燥した。減圧下溶媒を留去して得られた残渣をシリカゲルカラムクロマトグラフィー (ヘキサン：酢酸エチル = 1 : 1) にて精製し、無色油状物質として標題化合物 1.02 g を得た。

$^1\text{H-NMR}$ (CDCl_3) δ : 1.23 (3H, d, $J=6.8\text{Hz}$), 1.70–2.35 (7H, m), 2.51–2.77 (2H, m), 3.20–3.76 (6H, m), 4.16–4.42 (2H, m), 4.46–4.58 (3H, m), 5.12 (1H, d, $J=12.1\text{Hz}$), 5.17 (1H, d, $J=12.1\text{Hz}$), 7.04–7.47 (15H, m).

IR (neat) ν_{max} : 3474, 3325, 3062, 3029, 2953, 2874, 1742, 1645, 1496, 1454, 1424, 1366, 1277, 1184, 1028, 916, 746, 700 cm^{-1} .

$[\alpha]_D = -67.6^\circ$ (CHCl_3 , $c:1.27$).

参考例 6 1-[N-[(1S)-1-ベンジルオキシカルボニル-3-フェニルプロピル]-L-アラニル]-L-プロリン 3-ベンジルオキシプロピルエステル (化合物 (IIb))

参考例 5 と同様にして化合物 (VII) 800 mg 及び 3-ベンジルオキシプロパノ

ール 1. 52 g から無色油状物質として標題化合物 943 mg を得た。

$^1\text{H-NMR}$ (CDCl_3) δ : 1.23 (3H, d, $J=6.8\text{Hz}$), 1.75–2.27 (9H, m), 2.54–2.73 (2H, m).

3.20–3.59 (6H, m), 4.09–4.29 (2H, m), 4.42–4.54 (1H, m), 4.48 (2H, s), 5.12 (1H, d, $J=12.1\text{Hz}$), 5.17 (1H, d, $J=12.1\text{Hz}$), 7.04–7.45 (15H, m).

IR (neat) ν_{max} : 3473, 3322, 3061, 3029, 2956, 2871, 1740, 1646, 1496, 1454, 1423, 1364, 1277, 1182, 1096, 1046, 1029, 916, 741, 699 cm^{-1} .

$[\alpha]_D^{25} = -67.3^\circ$ (CHCl_3 , $c:1.02$).

参考例 7 1 – [N – [(1S) – 1 – ベンジルオキシカルボニル – 3 – フェニルプロピル] – L – アラニル] – L – プロリン 4 – ベンジルオキシブチルエステル (化合物 (IIc))

参考例 5 と同様にして化合物 (VII) 800 mg 及び 4 – ベンジルオキシブタノール 1.64 g から無色油状物質として標題化合物 831 mg を得た。

$^1\text{H-NMR}$ (CDCl_3) δ : 1.24 (3H, d, $J=6.6\text{Hz}$), 1.56–2.30 (11H, m), 2.55–2.75 (2H, m), 3.21–3.59 (6H, m), 4.01–4.20 (2H, m), 4.40–4.54 (1H, m), 4.49 (2H, s), 5.12 (1H, d, $J=12.1\text{Hz}$), 5.18 (1H, d, $J=12.1\text{Hz}$), 7.03–7.45 (15H, m).

IR (neat) ν_{max} : 3448, 3324, 3061, 3029, 2952, 2869, 1740, 1648, 1496, 1454, 1422, 1362, 1277, 1182, 1095, 1055, 1029, 740, 699 cm^{-1} .

$[\alpha]_D^{25} = -60.9^\circ$ (CHCl_3 , $c:1.56$).

参考例 8 1 – [N – [(1S) – 1 – ベンジルオキシカルボニル – 3 – フェニルプロピル] – L – アラニル] – L – プロリン 2 – メトキシエチルエステル (化合物 (IIId))

参考例 5 と同様にして化合物 (VII) 800 mg 及び 2 – メトキシエタノール 694 mg から無色油状物質として標題化合物 725 mg を得た。

$^1\text{H-NMR}$ (CDCl_3) δ : 1.25 (3H, d, $J=6.8\text{Hz}$), 1.79–2.33 (7H, m), 2.54–2.75 (2H, m), 3.22–3.73 (6H, m), 3.36 (3H, s), 4.15–4.33 (2H, m), 4.52 (1H, dd, $J=3.7, 8.4\text{Hz}$), 5.13 (1H, d, $J=12.1\text{Hz}$), 5.18 (1H, d, $J=12.1\text{Hz}$), 7.07–7.44 (10H, m).

IR(neat) ν_{\max} : 3473, 3322, 3061, 3028, 2952, 2880, 1741, 1650, 1604, 1496, 1454, 1423, 1371, 1351, 1278, 1183, 1130, 1095, 1032, 751, 700 cm^{-1} .

$[\alpha]_D = -77.8^\circ$ (CHCl_3 , $c: 1.06$).

参考例 9 1-[N-[(1S)-1-ベンジルオキシカルボニル-3-フェニルプロピル]-L-アラニル]-L-プロリン 2-(2-メトキシエトキシ)エチルエステル (化合物 (IIe))

参考例 5 と同様にして化合物 (VII) 720 mg 及び 2-(2-メトキシエトキシ)エタノール 986 mg から無色油状物質として標題化合物 675 mg を得た。

$^1\text{H-NMR}$ (CDCl_3) δ : 1.25 (3H, d, $J=6.6\text{Hz}$), 1.80-2.30 (7H, m), 2.54-2.77 (2H, m), 3.29 (2H, t, $J=6.6\text{Hz}$), 3.37 (3H, s), 3.40-3.76 (8H, m), 4.17-4.35 (2H, m), 4.36-4.57 (1H, m), 7.06-7.44 (5H, m).

IR(neat) ν_{\max} : 3481, 3321, 3061, 3028, 2952, 2928, 2878, 1741, 1646, 1454, 1423, 1366, 1278, 1184, 1112, 1047, 1030, 972, 917, 850 cm^{-1} .

$[\alpha]_D = -71.1^\circ$ (CHCl_3 , $c: 1.02$).

参考例 10 (R)-2-ヒドロキシ-4-フェニル酪酸 (化合物 (X))

(R)-2-ヒドロキシ-4-フェニル酪酸 エチルエステル (化合物 (IX))

500 mg をエタノール 5.0 mL に溶解した後、0℃で 10 w/v % 水酸化ナトリウム水溶液 1.2 mL を滴下し、0℃で 1 時間攪拌した。溶媒を留去後、残渣に 0℃で 1 mol/L 塩酸を滴下し、pH 3 とし、ジエチルエーテルで抽出した。有機層を飽和食塩水で洗浄し、無水硫酸ナトリウムで乾燥後、減圧下溶媒を留去し、無色粉末として標題化合物 412 mg を得た。

m. p.: 104-107℃

$^1\text{H-NMR}$ (CD_3OD) δ : 1.85-1.95 (1H, m), 1.97-2.11 (1H, m), 2.74 (2H, t, $J=7.9\text{Hz}$), 4.08 (1H, dd, $J=4.2, 8.3\text{Hz}$), 7.13-7.28 (5H, m).

IR(KBr) ν_{\max} : 3459, 2925, 1733, 1242, 1097, 695 cm^{-1} .

$[\alpha]_D = -8.5^\circ$ (MeOH , $c: 1.04$).

参考例 11 (R)-2-ヒドロキシ-4-フェニル酪酸 ベンジルエステル (化合物 (XI))

化合物 (X) 1.0 g を N, N-ジメチルホルムアミド 10 mL に溶解した後、0℃ で炭酸水素カリウム 611 mg 及び臭化ベンジル 660 μ L を加え、50℃ で 8 時間攪拌した。溶媒を留去し、水を加え、酢酸エチルで抽出した。有機層を飽和食塩水で洗浄し、無水硫酸ナトリウムで乾燥後、減圧下溶媒を留去した。得られる粗結晶を n-ヘキサンより再結晶することにより、無色結晶として標題化合物 1.1 g を得た。

m. p.: 59-60℃

$^1\text{H-NMR}$ (CDCl_3) δ : 1.89-2.00 (1H, m), 2.07-2.18 (1H, m), 2.63-2.81 (2H, m), 4.23 (1H, dd, $J=4.0, 7.5\text{Hz}$), 5.16 (1H, d, $J=12.7\text{Hz}$), 5.20 (1H, d, $J=12.7\text{Hz}$), 7.14-7.20 (3H, m), 7.24-7.29 (2H, m), 7.35-7.39 (5H, m).

IR (KBr) ν_{max} : 3458, 2943, 1728, 1450, 1251, 1103, 699 cm^{-1} .

参考例 12 N-[(1S)-1-(ベンジルオキシカルボニル)-3-フェニル]-L-アラニン tert-ブチルエステルマレイン酸塩 (化合物 (XII))

化合物 (XI) 2.0 g をジクロロメタン 20 mL に溶解した後、0℃ で 2, 6-ルチジン 0.94 mL 及びトリフルオロメタンスルホン酸無水物 1.4 mL を加え、0℃ で 2 時間攪拌した。反応液にクロロホルムを加え、5 w/v % 重硫酸カリウム水溶液及び飽和炭酸水素ナトリウム水溶液で洗浄した。有機層を飽和食塩水で洗浄し、無水硫酸ナトリウムで乾燥後、溶媒を減圧下留去し、2-トリフルオロメタンスルホン酸ニルオキシ-4-フェニル酪酸 ベンジルエステルとして褐色粘稠性物質 3.5 g を得た。L-アラニン tert-ブチルエステル塩酸塩 2.0 g を水 20 mL に溶解させ、炭酸アンモニウム 1.7 g 及び 2-トリフルオロメタンスルホン酸ニルオキシ-4-フェニル酪酸 ベンジルエステル 3.5 g のニトロメタン溶液 15 mL を加え、50℃ で 3 時間攪拌した。反応液に酢酸エチルを加え、5 w/v % 重硫酸カリウム水溶液、飽和炭酸水素ナトリウム水溶液、水及び飽和食

塩水で洗浄した。無水硫酸ナトリウムで乾燥後、減圧下溶媒を留去した。残査を酢酸エチル 14 mL に溶解し、マレイン酸 859 mg を加え、加熱還流し、全ての結晶が溶解した後、徐々に室温に冷却することにより標題化合物の粗結晶を得た。粗結晶を酢酸エチルより再結晶し、無色結晶として標題化合物 2.63 g を得た。

m. p. : 137-138°C

¹H-NMR (CDCl₃) δ : 1.44 (9H, s), 1.48 (3H, d, J=7.2 Hz), 2.24 (2H, t, J=7.3 Hz), 2.60-2.79 (2H, m), 3.69 (1H, q, J=7.2 Hz), 3.77 (1H, t, J=6.2 Hz), 5.20 (1H, d, J=11.9 Hz), 5.27 (1H, d, J=11.9 Hz), 6.34 (1H, s), 7.08-7.10 (2H, m), 7.18-7.28 (3H, m), 7.38-7.39 (5H, m).

IR (KBr) ν_{max} : 2987, 1746, 1458, 1352, 1162, 996, 697 cm⁻¹.

[α]_D = 1.43° (CHCl₃, c: 1.38)

参考例 13 N-[(1S)-1-(ベンジルオキシカルボニル)-3-フェニル]-L-アラニン (化合物 (XIII))

化合物 (XII) 2.5 g に水を加え、飽和炭酸水素ナトリウム水溶液で pH 8 とした後、酢酸エチルで抽出した。有機層を飽和食塩水で洗浄し、無水硫酸ナトリウムで乾燥した。減圧下溶媒を留去した後、塩化水素-ジオキサン溶液 45 mL を滴下し、室温で 13 時間攪拌した。減圧下溶媒を留去し、水を加え、飽和炭酸水素ナトリウム水溶液を加え pH 6 とした。沈殿物をろ取した後、酢酸エチルより再結晶を行い、無色粉末として標題化合物 1.5 g を得た。

m. p. : 160-161°C

¹H-NMR (CD₃OD) δ : 1.48 (3H, d, J=7.2 Hz), 2.14-2.21 (2H, m), 2.52-2.62 (1H, m), 2.67-2.77 (1H, m), 3.57 (1H, q, J=7.2 Hz), 4.05 (1H, t, J=6.1 Hz), 5.18 (1H, d, J=11.9 Hz), 5.36 (1H, d, J=11.9 Hz), 7.08-7.27 (5H, m), 7.36-7.45 (5H, m).

IR (KBr) ν_{max} : 2781, 1739, 1618, 1356, 1262, 1192, 698 cm⁻¹

[α]_D = 6.6° (MeOH, c: 1.10).

参考例 14 L-プロリン 3-ベンジルオキシプロピルエステルシュウ酸塩 (

化合物 (XIV)

L-プロリン 2.30 g をベンゼン 20 mL に溶解した後、p-トルエンスルホン酸一水和物 4.57 g 及び 3-ベンジルオキシプロパノール 1.58 mL を加え、加熱還流下、生成する水を共沸により取り除きつつ 15 時間攪拌した。溶媒を留去した後、飽和炭酸水素ナトリウム水溶液を加えクロロホルムにて抽出し、飽和食塩水にて洗浄した後、無水硫酸ナトリウムにて乾燥した。減圧下溶媒を留去した後、得られた残渣を酢酸エチル 16 mL に溶解し、シュウ酸 693 mg を加え加熱溶解した後、室温にて放置した。析出した結晶をろ取し、酢酸エチルにより再結晶を行い、無色粉末として標題化合物 1.92 g を得た。

m. p.: 84-85°C

$^1\text{H-NMR}$ (CDCl_3) δ : 1.90-2.11 (5H, m), 2.13-2.45 (1H, m), 3.41-3.50 (1H, m), 3.52 (2H, t, $J=6.0\text{Hz}$), 4.24-4.39 (2H, m), 4.43-4.51 (1H, m), 4.48 (2H, s), 7.30-7.38 (5H, m).

IR (KBr) ν_{max} : 3348, 2873, 1742, 1637, 1560, 1458, 1402, 1279, 1229, 1108, 720, 497 cm^{-1}

$[\alpha]_D^{25} = -28.7^\circ$ (CHCl_3 , $c: 1.17$).

参考例 15 1-[N-[(1S)-1-ベンジルオキシカルボニル-3-フェニルプロピル]-L-アラニル]-L-プロリン 3-ベンジルオキシプロピルエステル (化合物 (IIb))

化合物 (XIV) 500 mg を水 6 mL に溶解後、飽和炭酸水素ナトリウム水溶液を加え pH 8 とした後、クロロホルムにて抽出した。有機層を飽和食塩水にて洗浄した後、無水硫酸ナトリウムにて乾燥した。減圧下溶媒を留去して得られた残渣をクロロホルム 7 mL に溶解した。0°C にて化合物 (XIII) 483 mg、N, N'-ジシクロヘキシルカルボジイミド 291 mg 及び 1-ヒドロキシー-1H-ベンゾトリアゾール-水和水物 237 mg を加え、0°C から室温に徐々に昇温し、室温にて 23 時間攪拌した。反応液を 5 w/v % 硫酸水素カリウム水溶液、飽和炭酸水素ナトリウム水溶液、水及び飽和食塩水にて洗浄した後、無水硫酸ナトリウムにて乾燥した。

溶媒を留去した後、得られた残渣をシリカゲルカラムクロマトグラフィー（ヘキサン：酢酸エチル＝2：3～1：2）にて精製し、無色油状物質として標題化合物 747 mg を得た。

実施例 1 1- [N-[(1S)-1-カルボキシ-3-フェニルプロピル]-L-アラニル]-L-プロリン 2-ヒドロキシエチルエステル（本発明化合物 1）

化合物 (IIa) 2.65 g をエタノール 100 mL に溶解し、5 質量%パラジウム炭素 1.3 g を加え、水素雰囲気下（4 気圧）、室温にて 13 時間攪拌した。触媒をセライトろ過により除去し、ろ液を減圧下濃縮した後、得られた残渣をシリカゲルカラムクロマトグラフィー（クロロホルム：メタノール＝3：1）にて精製し、無色アモルファスとして標題化合物 1.49 g を得た。

$^1\text{H-NMR}$ (CDCl_3) δ : 1.47 (3H, d, $J=6.8\text{Hz}$), 1.80-2.36 (6H, m), 2.60-2.83 (2H, m), 3.27-3.95 (6H, m), 3.96-4.57 (4H, m), 6.97-7.22 (5H, m).

IR (KBr) ν_{max} : 3422, 3028, 2956, 2879, 1742, 1655, 1560, 1543, 1509, 1498, 1451, 1388, 1282, 1187, 1087, 1051, 895, 861, 753, 702 cm^{-1} .

MS m/z (ESI $^+$): 393 ($\text{M}+\text{H}$) $^+$.

$[\alpha]_D^{25} = -26.4^\circ$ (CHCl_3 , $c: 1.20$).

実施例 2 1- [N-[(1S)-1-カルボキシ-3-フェニルプロピル]-L-アラニル]-L-プロリン 3-ヒドロキシプロピルエステル（本発明化合物 2）

実施例 1 と同様にして化合物 (IIb) 2.97 g から無色アモルファスとして標題化合物 2.06 g を得た。

$^1\text{H-NMR}$ (CDCl_3) δ : 1.55 (3H, d, $J=7.0\text{Hz}$), 1.78-2.38 (8H, m), 2.65-2.87 (2H, m), 3.31 (1H, t, $J=7.0\text{Hz}$), 3.36-3.80 (5H, m), 4.00-4.15 (1H, m), 4.17-4.39 (2H, m), 4.47-4.60 (1H, m), 7.07-7.28 (5H, m).

IR (KBr) ν_{max} : 3385, 3027, 2958, 2878, 1741, 1655, 1560, 1543, 1509, 1498, 1439, 1388,

1280, 1186, 1093, 1053, 920, 863, 751, 702 cm^{-1} .

MS m/z (ESI⁺): 407 (M+H)⁺.

$[\alpha]_D = -33.0^\circ$ (CHCl_3 , $c: 1.04$).

実施例 3 1-[N-[(1S)-1-カルボキシ-3-フェニルプロピル]-L-アラニル]-L-プロリン 4-ヒドロキシブチルエステル (本発明化合物 3)

実施例 1 と同様にして化合物 (IIc) 4.51 g から無色アモルファスとして標題化合物 2.92 g を得た。

$^1\text{H-NMR}$ (CDCl_3) δ : 1.35-2.31 (10H, m), 1.49 (3H, d, $J=6.8\text{Hz}$), 2.63-2.83 (2H, m), 3.33 (1H, t, $J=6.8\text{Hz}$), 3.38-3.77 (5H, m), 3.88-4.55 (4H, m), 7.00-7.24 (5H, m).

IR (KBr) ν_{max} : 3386, 3028, 2953, 2874, 1742, 1656, 1451, 1382, 1281, 1214, 1184, 1093, 1046, 944, 859, 752, 701 cm^{-1} .

MS m/z (ESI⁺): 421 (M+H)⁺.

$[\alpha]_D = -32.9^\circ$ (CHCl_3 , $c: 1.31$).

実施例 4 1-[N-[(1S)-1-カルボキシ-3-フェニルプロピル]-L-アラニル]-L-プロリン 2-メトキシエチルエステル (本発明化合物 4)

化合物 (IIId) 700 mg をエタノール 4.0 mL に溶解し、5 質量%パラジウム炭素 140 mg を加え、水素雰囲気下 (常圧)、室温にて 1 時間攪拌した。触媒をセライトろ過により除去し、ろ液を減圧下濃縮した後、得られた残渣をシリカゲルカラムクロマトグラフィー (クロロホルム: メタノール = 20:1) にて精製し、無色アモルファスとして標題化合物 547 mg を得た。

$^1\text{H-NMR}$ (CDCl_3) δ : 1.45 (3H, d, $J=7.0\text{Hz}$), 1.86-2.35 (6H, m), 2.64-2.86 (2H, m), 3.25 (1H, t, $J=7.0\text{Hz}$), 3.36 (3H, s), 3.42-3.69 (4H, m), 3.82 (1H, q, $J=6.8\text{Hz}$), 4.15-4.43 (2H, m), 4.54 (1H, dd, $J=3.5, 8.3\text{Hz}$), 7.06-7.25 (5H, m).

IR (KBr) ν_{max} : 3448, 3028, 2954, 2882, 1743, 1655, 1560, 1543, 1523, 1509, 1498, 1450, 1380, 1280, 1185, 1129, 1094, 1034, 916, 865, 753, 702 cm^{-1} .

MS m/z (ESI⁺): 407 (M+H)⁺.

$[\alpha]_D = -44.5^\circ$ (CHCl₃, c: 1.10).

実施例 5 1- [N-[(1S)-1-カルボキシ-3-フェニルプロピル]-L-アラニル]-L-プロリン 2-(2-メトキシエトキシ) エチルエステル (本発明化合物 5)

実施例 4 と同様にして化合物 (Ile) 640 mg から無色アモルファスとして標題化合物 465 mg を得た。

¹H-NMR (CDCl₃) δ : 1.43 (3H, d, J=6.8 Hz), 1.87-2.32 (6H, m), 2.64-2.85 (2H, m), 3.22 (1H, t, J=6.4 Hz), 3.37 (3H, s), 3.43-3.80 (8H, m), 4.17-4.45 (2H, m), 4.55 (1H, dd, J=3.5, 8.3 Hz), 7.09-7.28 (5H, m).

IR (KBr) ν_{\max} : 3448, 3027, 2930, 2880, 1742, 1655, 1560, 1543, 1523, 1509, 1498, 1451, 1382, 1281, 1187, 1139, 1109, 1048, 919, 859, 752, 703 cm⁻¹.

MS m/z (ESI⁺): 451 (M+H)⁺.

$[\alpha]_D = -41.1^\circ$ (CHCl₃, c: 1.05).

実施例 6

安定性試験

本発明化合物 1~5 及びエナラプリルをそれぞれガラス瓶に約 5 mg 量り、そこにミリスチン酸イソプロピル 100 μ L を加えて溶解 (もしくは懸濁) させた。これらを密栓して 60℃ の恒温槽中に 1 週間保存した。これらの溶液にメタノールを加えて溶解させ、全量 100 mL としたものを試料溶液とし、HPLC 法により分析を行った。得られたすべてのピークの面積の合計値に対する各化合物のピークの面積比 (面積百分率) を算出した。その結果、表 1 に示すように、エナラプリルは 1 週間の保存により完全に閉環体及びその他の分解物へと分解したのに対し、本発明化合物は良好な安定性を有していた。

表 1

化合物		面積百分率 (%) : 60℃1週間保存				
		プロリン エステル体	エナラプリル	エナラプリラート	閉環体	その他の分解物
本 発 明 化 合 物	1	91.8	—	0.0	0.0	8.2
	2	96.7	—	0.0	0.0	3.3
	3	94.4	—	0.0	0.0	5.6
	4	99.1	—	0.0	0.0	0.9
	5	94.2	—	0.0	0.0	5.8
比 較 例	エナラプリル	—	0.0	0.0	48.4	51.6

実施例 7

培養ヒト皮膚を用いた代謝試験

3次元培養ヒト皮膚モデル (LSE-high、東洋紡) を 37℃ に保温された縦型拡散セルに装着し、レセプター相内に等張リン酸緩衝溶液 (PBS、pH 7.4) を 7 mL 充填した。1 時間放置後、本発明化合物 1～3 及び比較例としてエナラプリルを 1.0 質量% となるようにミリスチン酸イソプロピルに溶解 (もしくは懸濁) した液 200 μ L を摘出皮膚に塗布し、試験を開始した。試験開始から 24 時間後、レセプター相 PBS 中の未変化の各プロリンエステル体又はエナラプリル (エナラプリラートのプロドラッグ)、及び変換されて生じたエナラプリラートの濃度を HPLC 法により測定し、(プロリンエステル体又はエナラプリル) : (エナラプリラート) の濃度比を求め、存在比とした。表 2 に示すように、3次元培養ヒト皮膚モデルを透過したプロリンエステル体の 64～77% がエナラプリラートに変換された。

表 2

化合物	存在比 ^{a)}
本発明化合物 1	23.5/76.5
本発明化合物 2	36.3/63.7
本発明化合物 3	30.4/69.6
エナラプリル (比較例)	98.8/1.2

a) (プロリンエステル体又はエナラプリル) / (エナラプリラート) の濃度比

実施例 8

貼付剤の製造

スチレン-イソプレン-スチレンブロック共重合体 (商品名 クインタック 3421: 日本ゼオン製) 30 g 及び粘着付与樹脂 (脂環族飽和炭化水素樹脂、商品名 クイントン M100: 日本ゼオン製) 60 g をトルエン 110 g に溶解し、さらに流動パラフィン 10 g を加え、均一に混合し、粘着剤溶液を調製した。この粘着剤溶液を塗工乾燥後の質量として 65 質量%、本発明化合物 1 を 20 質量%、ミリスチン酸イソプロピルを 10 質量%、ラウロマクロゴールを 5 質量% とするよう配合し、さらにトルエンを加えて粘度を調整した後、均一になるまで混合した。この薬物を含む粘着剤溶液を、厚さ 75 μm のポリエチレンテレフタレート製の剥離シートのシリコンコート面に、フィルムアPLICエーターを用いて厚さ 200 μm で塗工した。これを約 65℃ で 10 分間乾燥させた後、塗工面に厚さ 12 μm のポリエチレンテレフタレート製の支持体を貼り合わせ、所定の大きさに裁断し、貼付剤 1 を製造した。

本発明化合物 2 ~ 5 を用いて、同様にして各々貼付剤 2 ~ 5 を製造した。

ヘアレスマウス皮膚透過性試験

5 週齢の雄性ヘアレスマウス (体重約 20 g) の皮膚を摘出し、37℃ に保温された縦型拡散セルに装着し、レセプター相内に PBS (pH 7.2) を 7 mL 充填した。1 時間放置後、貼付剤 1 ~ 5 を 1.33 cm^2 に打ち抜いたものを摘出皮膚に貼付し、試験を開始した。試験開始から 8 時間までは 1 時間毎、それ以後 2

4時間までは2時間毎にレセプター相のPBSを各0.5 mLずつ採取した。なお、採取後、同量のPBSをレセプター相に補充した。採取したレセプター相PBS中の未変化の各プロリンエステル体（エナラプリラートのプロドラッグ）及び変換され生じたエナラプリラートの濃度をHPLC法により測定した。次いで、得られた各プロリンエステル体の濃度をエナラプリラートの濃度に換算し、エナラプリレートとしての総濃度を求め、これを透過時間に対してプロットした。透過速度が定常状態となったとき透過曲線のslopeから皮膚透過速度（Flux）、透過遅延時間（Lag Time）及び貼付面積1 cm²あたりの24時間累積透過量を算出した。また、24時間後のレセプター相PBS中の各プロリンエステル体：エナラプリラートの濃度比を求め、存在比とした。表3に示すように、本発明のプロリンエステル体からなる経皮投与製剤は良好な皮膚透過性を有するとともに、皮膚透過したプロリンエステル体の約50～85%がエナラプリレートに変換された。

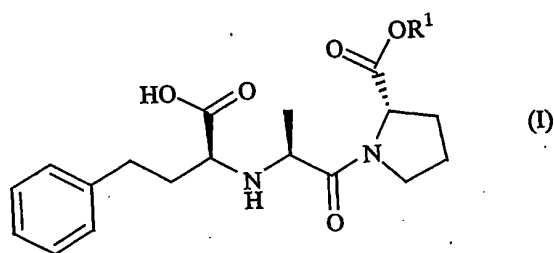
表3

テープ剤	皮膚透過速度 ($\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{hr}$)	透過遅延時間 (hr)	存在比 ^{a)}	累積透過量 ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)
貼付剤1	21.80	3.60	50.5/49.5	393.39
貼付剤2	25.03	2.59	29.3/70.7	443.64
貼付剤3	17.30	2.40	41.9/58.1	374.31
貼付剤4	6.14	4.20	20.2/79.8	88.88
貼付剤5	11.59	2.30	15.0/85.0	187.10

a) (プロリンエステル体) / (エナラプリレート) の濃度比

請求の範囲

1. 一般式 (I)



(式中、R¹はヒドロキシ低級アルキル基、低級アルコキシ低級アルキル基又は低級アルコキシ低級アルコキシ低級アルキル基を示す) で表わされるプロリンエステル類又はその薬学的に許容しうる塩。

2. プロリンエステル類が、1-[N-[(1S)-1-カルボキシ-3-フェニルプロピル]-L-アラニル]-L-プロリン 2-ヒドロキシアチルエステル、1-[N-[(1S)-1-カルボキシ-3-フェニルプロピル]-L-アラニル]-L-プロリン 3-ヒドロキシプロピルエステル、1-[N-[(1S)-1-カルボキシ-3-フェニルプロピル]-L-アラニル]-L-プロリン 4-ヒドロキシブチルエステル、1-[N-[(1S)-1-カルボキシ-3-フェニルプロピル]-L-アラニル]-L-プロリン 2-(2-メトキシエトキシ)エチルエステル及び1-[N-[(1S)-1-カルボキシ-3-フェニルプロピル]-L-アラニル]-L-プロリン 2-メトキシエチルエステルの群から選ばれるものである請求項1に記載のプロリンエステル類又はその薬学的に許容しうる塩。

3. 請求項1又は2記載のプロリンエステル類又はその薬学的に許容しうる塩を含有する医薬。

4. 請求項1又は2記載のプロリンエステル類又はその薬学的に許容しうる塩を含有する経皮投与製剤。

5. 経皮投与製剤が貼付剤である請求項4記載の経皮投与製剤。

6. 脂肪酸エステル及び非イオン界面活性剤からなる群から選ばれる1種又は2種以上の経皮吸収促進剤を含有する請求項4又は5記載の経皮投与製剤。

7. 経皮吸収促進剤がミリスチン酸イソプロピル、ラウロマクロゴール、ラウリン酸ジエタノールアミド、モノカプリル酸グリセリン、モノラウリン酸グリセリン、モノカプリル酸ソルビタン及びモノオレイン酸ポリオキシエチレンソルビタンの群から選ばれるものである請求項6記載の経皮投与製剤。

8. 請求項1又は2記載のプロリンエステル類又はその薬学的に許容しうる塩

の医薬製造のための使用。

9. 医薬が経皮投与製剤である請求項8記載の使用。

10. 医薬が、ACEが賦活化することにより影響されるか又は引き起こされる疾患の予防又は治療薬である請求項8又は9記載の使用。

11. 請求項1又は2記載のプロリンエステル類又はその薬学的に許容しうる塩を投与することを特徴とするACEが賦活化することにより影響されるか又は引き起こされる疾患の処置方法。

12. 投与手段が、経皮投与である請求項11記載の処置方法。